

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В КВАРЦЕВЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СТЕКЛАХ

Алексеевко А.А.¹, Гурин В.С.², Ещенко О.А.³, Дмитрук И.Н.,³
Борисенко Н.В.⁴

¹*Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого,
Гомель, Беларусь*

²*НИИ физико-химических проблем, БГУ, Минск, Беларусь*

³*Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Киев, Украина*

⁴*Институт химии поверхности им. А.А. Чуйко НАН Украины, Киев, Украина
e-mail: alexeenko@gstu.by*

Оптически однородные кварцевые стекла, содержащие восстановленные наночастицы металлов подгруппы меди, были получены с применением золь-гель метода. В результате проведенных исследований установлены три основных технологических приема, позволяющих синтезировать высококремнеземные стекла, содержащие наночастицы восстановленных металлов:

- обработка монолитного стекла, спеченного на воздухе, в атмосфере водорода ($T_{\text{финишн}}=800$ °С, 1 ч). В этом случае происходит неоднородное восстановление оксидов металла по глубине стекла. Наиболее полно восстанавливается приповерхностный слой толщиной $h\sim 0,5-0,7$ мм;

- обработка пористого ксерогеля, содержащего соли-допанты, сначала на воздухе ($T_{\text{финишн}}=800$ °С, 1 ч), а затем в атмосфере водорода ($T_{\text{финишн}}=1100$ °С, 5-7 мин). Восстановление металла протекает однородно по всей глубине стекла;

- последовательная обработка пористого ксерогеля сначала на воздухе ($T_{\text{финишн}}=800$ °С, 1 ч), а затем в атмосфере водорода ($T_{\text{финишн}}=800$ °С, 1 ч). Окончательное спекание пористого ксерогеля, содержащего восстановленный металл, до состояния монолитного стекла в потоке аргона ($T_{\text{финишн}}=1100$ °С, 5-7 мин). Образование наночастиц восстановленного металла происходит равномерно по всей матрице стекла. Наблюдается помутнение приповерхностного слоя стекла $h\sim 0,2-0,5$ мм.

Испытания по термической и химической стойкости, а также устойчивости к кристаллизации стекол, допированных наночастицами восстановленных металлов (до 0,04 мас %), показали, что образцы синтезированных высококремнеземных матриц соответствуют стандартам стекол марок КУ-1, КС-4В – отечественные аналоги, Корнинг 7980 - фирма «Corning Glass». Согласно данным рентгенофазового анализа (рис. 1), в синтезируемых стеклах наблюдается образование наночастиц восстановленного металла. Приводимая рентгенограмма получена для порошка золь-гель стекла (ЗГС), содержащего ~ 0,04 мас % наночастиц Cu°

(при меньшей концентрации металла в ЗГС чувствительности метода РФА недостаточно для идентификации химического типа металла). Съемка проводилась на Co(27) трубке: $\lambda_{K\alpha}=0,179021$ нм, $U=40$ кВ, $I=20$ мА.

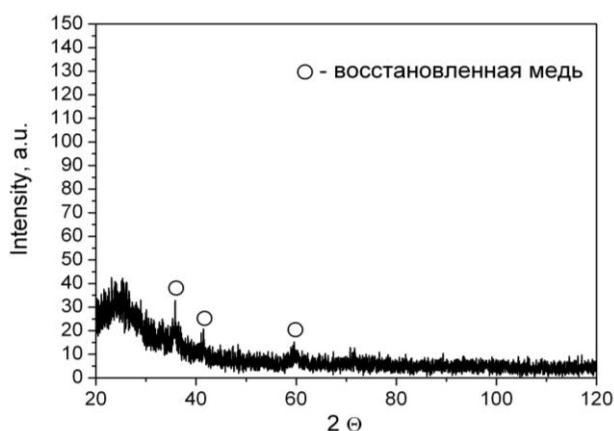


Рис. 1 РФА-спектр ЗГС, допированного наночастицами Cu° концентрацией 0,04 мас %. Спекание от состояния высокопористого ксерогеля до монолитного ЗГС проводилось в атмосфере H_2 ($T_{финишн}=1150$ $^{\circ}C$, $t_{выд}=10$ мин)

Указанная концентрация меди (0,04 мас %) рассчитывалось исходя из сорбционной способности SiO_2 -ксерогеля, отожженного на воздухе до $T=800$ $^{\circ}C$ (1 ч).

В настоящее время оптические материалы подобного рода эффективно применяются для изучения динамики сверхбыстрых процессов, протекающих при взаимодействии

лазерного излучения с локализованными наночастицами восстановленных металлов. В частности, авторами работы [1] показано, что стекла, содержащие наночастицы Ag° и прошедшие обработку (отжиг) лазерным излучением, могут быть эффективно применены при производстве микроустройств, для которых существенным фактором являются длина волны и поляризация света. Для таких структур удалось получить размер областей упорядоченной микрополяризации размером порядка 3 мкм [1].

Отдельного внимания, относительно возможности дальнейшего применения ЗГС, допированных наночастицами восстановленных металлов, заслуживает проблема лазерного разрушения таких материалов из-за присутствия в оптической матрице поглощающих включений и дефектов [2].

Проведенные исследования показали, что высококремнеземные стекла, допированные наночастицами Cu° , могут быть применены в качестве объемных матриц для создания микроизображений, а также термически стойких высокоскоростных преобразователей лазерного излучения с фемтосекундной скоростью срабатывания для видимой области спектра ($I\sim 4,5\cdot 10^{11}$ Вт/см²).

1. A.A. Stalmashonak, Unal H. Graener, G. Seifert Effects of temperature on laser-induced shape modification of silver nanoparticles embedded in glass // J. Phys. Chem. C. – 2009. – Vol. 113 – P. 12028-12032.

2. Маненков А.А., Прохоров А.Ж. Лазерное разрушение прозрачных твердых тел // Успехи физ. наук. – 1986. – Т. 148, вып. 1. - С. 179-211.